

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06147886 A**(43) Date of publication of application: **27.05.94**

(51) Int. Cl.

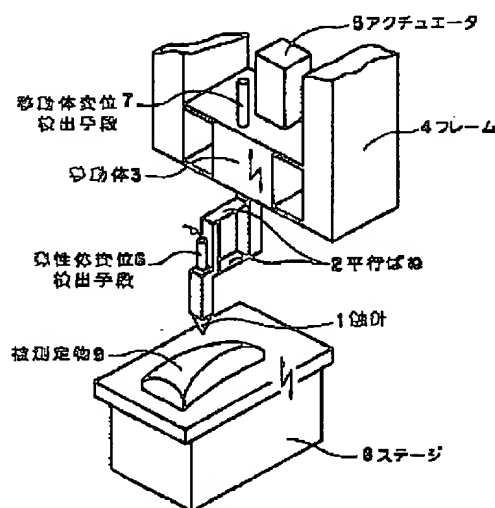
G01B 21/30(21) Application number: **04296123**(22) Date of filing: **05.11.92**(71) Applicant: **CANON INC**(72) Inventor: **NONAKA YOSHIFUMI
YOKOMATSU TAKAO****(54) SURFACE PROFILE MEASURING EQUIPMENT****(57) Abstract:**

PURPOSE: To deal with complicated profile including nonspherical profile by satisfying contradictory requirements of suppression of damage on the surface to be measured and high speed measurement through high response load control while enhancing accuracy and speed of measurement and enlarging the measuring range.

CONSTITUTION: The body of the equipment comprises a frame 4 which functions as the reference of movement of a mover 3, and a controller (not shown), wherein the mover 3 is formed on the frame 4 such that an actuator 5 drives the mover 3 vertically by a microdistance. A mover displacement detecting means 7 for detecting displacement of the mover 3 is disposed on the top surface of the mover 3 having bottom surface secured with a parallel spring 2. A probe 1 is provided integrally or detachably to one end part of the parallel spring 2 while directing vertically downward and an elastic body displacement detecting means 6 for detecting the displacement of the parallel spring 2 is disposed while spaced apart therefrom. An object 9 to be measured is held on a stage 8 below the probe 1 while

directing the surface to be measured upward and the stage 8 is installed movably up and down.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-147886

(43) 公開日 平成6年(1994)5月27日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 1 B 21/30

識別記号

1 0 2

庁内整理番号

9106-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全10頁)

(21) 出願番号 特願平4-296123

(22) 出願日 平成4年(1992)11月5日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 野中 義史

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 横松 孝夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

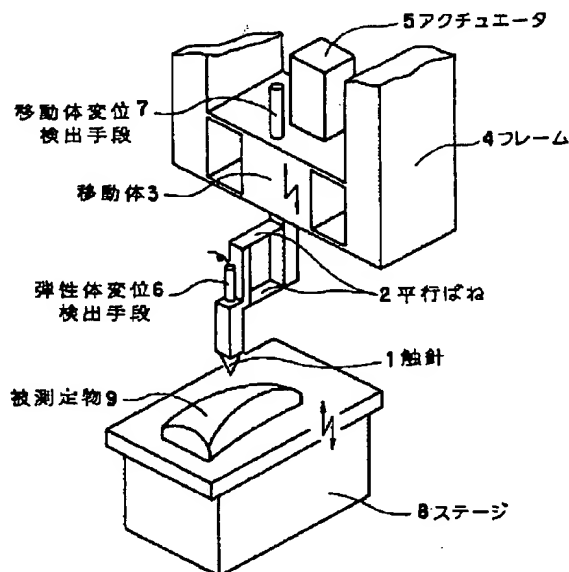
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 表面形状計測装置

(57) 【要約】

【目的】 被測定面へのダメージの低減と応答性の高い荷重制御による計測の高速化という相反する要求を満たし、計測の高精度化、高速化と共に測定範囲の拡大により非球面形状を始めとする複雑形状に対応できる。

【構成】 装置本体10は移動体3の移動基準となるフレーム4と不図示の制御装置を有し、フレーム4には移動体3がアクチュエータ5の駆動により上下方向に微小移動可能に形成されている。移動体3の上には移動体3の変位量を検出する移動体変位検出手段7が離隔配置され、一方、移動体3の下面には平行ばね2が固設されている。平行ばね2の一端部には先端を鉛直下向きにした触針1が装着可能あるいは一体的に設けられているとともに、平行ばね2の変位量を検出する弾性体変位検出手段6が離隔配置されている。触針1の下方には被測定面を上方に向けた測定物9がステージ8上に保持されており、ステージ8は上下方向の移動可能に設置されている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定物の被測定面に対して触針を用いて接触走査し、前記被測定面の変位量をもとに表面形状を計測する表面形状計測装置において、

前記被測定面と対向する位置に、前記被測定面と対向する方向に高い応答性を有するとともに微小移動可能に設けられた移動体と、該移動体に固設されて、前記被測定面に先端部を向けた前記触針が前記被測定面に対して変位可能に、かつ装着可能あるいは一体的に設けられた弾性体とで構成される荷重制御機構と、

前記弾性体および前記移動体の各々に離隔配置され、前記弾性体および前記移動体の各変位量をそれぞれ検出する変位検出手段と、

前記変位検出手段による検出結果に応じて、前記荷重制御機構を制御する制御装置を有し、

前記制御装置は前記移動体の移動により前記被測定面に前記触針を接触させつつ設定荷重まで荷重をかけ、前記移動体の変位量と前記弾性体の変位量との差が前記設定荷重に相当する変位量と常に等しくなるように前記移動体の位置を制御することを特徴とする表面形状計測装置。

【請求項2】 測定物あるいは荷重制御機構のいずれか一方を搭載し、前記測定物あるいは前記荷重制御機構に対して対向移動可能な保持台を有し、

制御装置は、移動体が移動範囲を超えた場合には前記保持台を移動させ、前記移動体の変位量と弾性体の変位量との差が常に設定荷重に相当する変位量と等しくなるように前記移動体の位置制御とともに前記保持台の位置を制御することを特徴とする請求項1に記載の表面形状計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業の利用分野】 本発明は、接触式の表面形状計測装置に関するもので、特に触針あるいはスタイラスによる測定時のきずの発生や測定荷重の変動が計測結果に及ぼす影響を排除し、表面形状に高い応答性で追従し高速測定を行なう装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 接触式の表面形状計測装置によるnmオーダーの計測において、触針あるいはスタイラス（以下、総称して「触針」とする）による測定時のきず（走査痕）や測定荷重に起因する被測定面上の触針接点における弾性変形が測定結果に悪影響を与えている。測定時のきずの発生は被測定物材質とともに触針の形状、寸法と測定荷重の関係により左右される。例えば精密機械51/4/1985, P. 674~P. 680（宮本紘三：接触式と非接触式による表面形状測定）では、同一材質に対して同一測定荷重であっても触針先端半径の大小によって触針試料間の塑性変換領域、つまりきずとして表れる領域の面積が異なってくることがHertzの

2

弾性接触理論から解析的に示されている。また触針やスタイラスの形状、寸法はきずの発生以外にも測定対象となる表面形状への幾何学的形状追従性により制約を受け、この点に関して例えばAPPLIED OPTICS, 15 May 1981, Vol. 20, No. 10, P. 1785-1802 (J.M.Bennett: Stylus profiling instrument for measuring statistical properties of smooth optical surfaces)に形状追従性およびきずの発生に関して報告がある。このような走査時のきずや形状追従性に関する問題点を解決する方法としてSTMやAFMの様に表面特性（例えばトンネル電流や原子間力等）を利用した非接触走査を行なうものや極軽荷重（nN~ μ Nオーダー）での接触走査が挙げられる。これらは極微細構造を観察するため一般に先端半径0.1 μ m以下の触針を用いるが、触針と被測定面の接点における応力状態は厳しく、測定荷重による被測定面の弾性変形量が測定結果に誤差として影響してくる。この点に関する検討および計測装置の開発はNational Technical Report, Vol. 36, No. 2, Apr. 1990, P. 232-239（吉住恵一他）や1989年度精密工学会秋季学術講演会論文集P. 541-542（小口、金子：超軽荷重触針式表面形状測定器の開発）において報告され、特開平1-195301にも一例がみられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このような触針によるきずの発生、弾性変形の問題に対して従来の接触式の表面形状計測装置をみると、粗さ計では仕様としてJIS B 0651に示されるような触針先端半径とそれに対応する測定荷重を満足する装置が多い。薄膜段差測定器等においては、測定荷重の極低荷重化による被測定面へのダメージ低減の対応がみられるにとどまり、三次元測定機では測定荷重の制御を行っているもののスタイラス径がmmオーダーと大きいこともあり、スタイラス自身の形状精度等を含めて考えると効果的なアプローチが探られているとは言い難い。特に粗さ計においては特開昭61-25009に見られるようにてこ式の構成が一般に多く、味岡成康：精密測定器の機構設計、開発社、1970にも指摘されるような走査時の測定荷重変動に対して対策が施されていない。

【0004】 計測の高精度化に起因して測定時のきず、弾性変形問題の解決が必要となってきた一方で、同時に計測の高速化が要求されている。CDピックアップレンズを代表とした光学部品の非球面化が進むにつれ複雑形状の評価が重要になっているが、複雑形状の評価にはより多い計測点あるいはより広い範囲の形状データが必要となり走査回数、計測時間の増加を招く。光学部品の非球面化は走査光学系用トーリックレンズ、プロジェクタレンズ、短波長光学素子（トロイダルミラ、放物面鏡等）と普及する模様で、測定対象も大型化の傾向にあ

り、この点からも高速化の実現が重要である。

【0005】接触式表面計測の高速化において問題となるのは触針と被測定面間の接触剛性と触針の質量からなる系の共振周波数である。高速走査において被測定面の持つ空間周波数と走査速度の積で表される周波数成分に触針は追従することが求められる。ところが、きずの発生や弾性変形量といった被測定面へのダメージを低減するためには測定荷重を極低荷重にする必要があり、このときHertzの弾性接触理論からもわかるように触針と被測定面間の接触剛性は低いものとなる。結果として触針と被測定面からなるばね質量系の共振周波数は低くなり、このような点が被測定面へのダメージを低減する測定荷重の低荷重化と計測の高速化の両立を困難にしている。接触剛性と触針からなるばね質量系の共振周波数を上げる効果的な対策は触針の軽量化である。その点、粗さ計は触針部が数十mgと軽量であるため有利であるが、測定荷重の積極的な制御がないうえに測定範囲が狭いため複雑形状の計測への対応は難しい。三次元測定機の場合、荷重制御と計測を1軸に負荷させているため高速計測が困難となっている。特開昭60-64206、特開昭62-277501、特開平3-100415等に見られるように測定プローブはスタイラスを平行ばねで支持し、コイルマグネットにより測定荷重が制御され、差動トランスで変位を検出するものが多い。スタイラス径が大きいスタイラスと被測定面間の接触剛性が高く接触は安定しているが、構成要素が大きいため荷重制御の高い応答性は望めず、計測点数の増加に伴う計測時間の増加は避けられない。またスタイラス自身の寸法から幾何学的に追従可能な形状に制約を受け、非球面光学部品に要求されるような複雑形状への対応は難しい。

【0006】本発明は、上記従来技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、きずの発生、触針接点における弾性変形といった被測定面へのダメージの低減と応答性の高い荷重制御による計測の高速化という相反する要求を満たし、計測の高精度化、高速化と共に測定範囲の拡大により非球面形状を始めとする複雑形状に対応可能な表面形状計測装置を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明は、被測定物の被測定面に対して触針を用いて接触走査し、前記被測定面の変位量をもとに表面形状を計測する表面形状計測装置において、前記被測定面と対向する位置に、前記被測定面と対向する方向に高い応答性を有するとともに微小移動可能に設けられた移動体と、該移動体に固設されて、前記被測定面に先端部を向けた前記触針が前記被測定面に対して変位可能に、かつ装着可能あるいは一体的に設けられた弾性体とで構成される荷重制御機構と、前記弾性体および前記移動体の各

々に離隔配置され、前記弾性体および前記移動体の各変位量をそれぞれ検出する変位検出手段と、前記変位検出手段による検出結果に応じて、前記荷重制御機構を制御する制御装置を有し、前記制御装置は前記移動体の移動により前記被測定面に前記触針を接触させつつ設定荷重まで荷重をかけ、前記移動体の変位量と前記弾性体の変位量との差が前記設定荷重に相当する変位量と常に等しくなるように前記移動体の位置を制御することを特徴とする。

【0008】また、前記測定物あるいは前記荷重制御機構のいずれか一方を搭載し、前記測定物あるいは前記荷重制御機構に対して対向移動可能な保持台を有し、前記制御装置は、前記移動体が移動範囲を超えた場合には前記保持台を移動させ、前記移動体の変位量と前記弾性体の変位量との差が常に前記設定荷重に相当する変位量と等しくなるように前記移動体の位置制御とともに前記保持台の位置を制御するものであってもよい。

【0009】

【作用】本発明の表面形状計測装置では、被測定面に対して高い応答性を有するとともに微小移動可能に設けられた移動体を、制御装置により被測定面に向けて移動させ、移動体に固設された弾性体に設けられた触針の先端部を被測定面に接近させていくと同時に、移動体および弾性体の各々に離隔配置された各変位検出手段により各変位量を監視し、移動体および弾性体の変位量を検出する。このとき、配置された各変位検出手段から監視した移動体と弾性体の変位量とが等しいかどうか確認し、等しいときは触針がまだ被測定面に接触していない状態であると判断し、移動体を移動し続ける。等しくない場合は触針が接触していると判断し、移動体と弾性体の変位量の差分を検出する。この変位量の差分は弾性体自身の変位量に相当し、弾性体のばね定数がわかれば、被測定面にかかる荷重が求められる。この荷重を予め設定される設定荷重と常に等しくなるように荷重制御して被測定面の表面を接触走査し、弾性体の変位検出手段より弾性体の変位量の変化分を出力させることで、被測定面の表面形状が計測される。

【0010】さらに、装置全体の構成として移動体および弾性体とから構成される荷重制御機構とは別に、触針の先端部を被測定面に向けた荷重制御機構、あるいは触針先端部に被測定面を向けた被測定物のいずれか一方が搭載される保持台を設け、対向移動可能にすることで、制御装置は、計測する際の被測定面の表面形状変化が大きいために、移動体とその移動範囲を超えた場合には保持台を移動させ、被測定面にかかる荷重を予め設定される設定荷重と常に等しくなるように荷重制御する。この場合、弾性体の変位検出手段より出力された弾性体の変位量の変化分に保持台の変位量を加算することで、被測定面の表面形状が計測される。

【0011】

【実施例】次に本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0012】（第1実施例）図1は本発明の表面形状計測装置の第1実施例の主構成の特徴を示す斜視図である。図2は本発明の表面形状計測装置の第1実施例の側面図である。

【0013】本実施例の装置本体10は、移動体3の移動基準となるフレーム4と不図示の制御装置を有し、フレーム4には平行ばね微動ステージである移動体3が圧電素子などのアクチュエータ5の駆動により上下方向に微小移動可能に形成されている。移動体3の上面には移動体3の変位量を検出するための移動体変位検出手段7が離隔配置され、一方、移動体3の下面には弾性体としての平行ばね2が固設されている。平行ばね2の一端部には先端部を鉛直下向きにした触針1が装着可能あるいは一体的に設けられているとともに、平行ばね2の変位量を検出する弾性体変位検出手段6が離隔配置されている。

【0014】本実施例の平行ばねは荷重検出用の弾性体2として、組立式の平行ばねの各部材締結部の低荷重下における非線形挙動を懸念し、ワイヤカットによる一体式の平行ばねを用いている。この平行ばねの製作は、通常のワイヤカット加工機を用いればワイヤ径0.2mmで板ばね部寸法3×7×0.07mm程度、ばね定数1000N/m以下を実現できる。上述の移動体変位検出手段7および弾性体変位検出手段6は、例えばフィードバック制御を用いた高速な荷重制御を実現するために、レーザー干渉測長器や光ファイバ式変位計など応答周波数が高く位相遅れの少ないものがよい。

【0015】触針1の下方には表面形状を計測する被測定物9がステージ8上に保持されており、ステージ8は移動体3の移動とは別に垂直方向に移動可能に設置されている。

【0016】次に本発明に係る表面形状計測装置の制御装置による第1実施例の動作について図3をもとに説明する。図3は、本発明の第1実施例の動作を示すフローチャートである。

【0017】本実施例の制御装置は、まず移動体3を下方に移動し、触針1を被測定物9の被測定面に接触するまで接近させていく（ステップS1）。このとき、移動基準となるフレーム4からの移動体3および弾性体としての平行ばね2の各変位量を移動体変位検出手段7および弾性体変位検出手段6によりそれぞれ監視する。

【0018】次いで、移動体3の変位量と平行ばね2の変位量が等しいかどうかを確認し（ステップS2）、各変位量が等しいときは再びS1に戻り移動動作をくりかえし、各変位量が等しくないことが確認されると触針が接触していると判断する（S3）。これは接触後に平行ばね2が被測定面により上方に押し戻され、移動体3の変位量は平行ばね2の変位量よりも大きくなるためであ

る。このとき、平行ばね2と移動体3の変位量の差分が弾性体としての平行ばね2自身の変位量である。

【0019】S3により接触していると判断すると、この平行ばね2と移動体3の変位量の差分が設定荷重に相当する弾性体変位量よりも小さいかどうかを確認し（S4）、小さいときには移動体3を下方に移動し続ける（ステップS4）。S4により平行ばね2と移動体3の変位量の差分が設定荷重に相当する弾性体変位量に等しくなったことが確認されると、移動体3の移動を一時停止し（ステップS6）、荷重制御を開始する（ステップS7）。

【0020】図4は、本発明の表面形状測定装置における測定走査時の荷重制御状態を表わした模式図である。

【0021】被測定面9の表面を接触走査する際、図4に示すように荷重制御は平行ばね2と移動体3の変位量の差分が設定荷重に相当する弾性体変位量と常に等しくなるように、圧電素子などのアクチュエータ5により移動体3の位置制御を行なうことで達成される。

【0022】計測する際にアクチュエータ5のストロークを超えるような表面形状の変化が生じた場合、ステージ8を垂直方向に移動させ、平行ばね2と移動体3の変位量の差分が設定荷重に相当する弾性体変位量と常に等しくなるようにステージ8の位置制御を行なう。

【0023】測定データは、通常弾性体変位検出手段6で検出される変位量の変化分であるが、上記のような場合は弾性体変位検出手段6で検出される変位量とステージ8の変位量を加算することにより得られる。

【0024】本実施例では被測定面へのダメージを荷重制御を行なうことにより抑制し、高速応答可能な移動体3により被測定面形状の高い空間周波数成分への追従を確保し、ステージ8と移動体3の協調動作により広範囲の測定を可能にする。

【0025】（第2実施例）図5は本発明の表面形状計測装置の主要構成の第2実施例を示す斜視図である。図6は本発明の表面形状計測装置の第2実施例の正面図である。

【0026】図5および図6に示すように装置本体20には上下方向の移動を支持するためのステージ18と不図示の制御装置を有しており、ステージ18には移動体取り付け案内部14が搭載されている。移動体取り付け案内部14は、移動体13の取り付け部材であり空気静圧軸受面を持ちリニアモータコイルが一体になった案内部である。この移動体取り付け案内部14には移動体13が上下方向に移動可能に取り付けられており、移動体13は移動体13の上面に設置された圧電素子などを用いたアクチュエータ15により微小移動される。

【0027】移動体13には円弧切り欠きを利用した弾性ヒンジを採用しており、弾性ヒンジ変形時の横移動を相殺するために機械工学会誌、55/1/1989P、146~151（津田展宏他：大ストロークSTM）に

示されるような一体構造で折り返し多段の弾性ヒンジを用いている。

【0028】また移動体13の上面には最初の基準位置からの変位量を検出する移動体変位検出手段17が離隔配置されている。一方、移動体13の下面には、AFMに用いられるカンチレバーと同様な薄板ばね12が荷重検出用の弾性体として取り付けられている。薄板ばね12の加工は薄板部材のエッチングにより寸法形状が整えられるので比較的設計形状の自由度が高く、広い範囲でばね設定を変えやすい。また本実施例では触針先端に働く摩擦によるモーメントに対して剛な構造であるようにV字型形状の薄板ばねに構成されている。このV字型形状の薄板ばねの先端部には、先端を鉛直下向きにした触針11が装着自在あるいは一体的に取り付けられているとともに、薄板ばね12の変位量を検出する弾性体変位検出手段16が離隔配置されている。

【0029】本実施例の制御装置による動作は、第1実施例と同様に移動体変位検出手段17および弾性体変位検出手段16によりそれぞれ変位量を検出して、荷重制御を行ない表面形状を計測する。移動体13のストロークを超えるような形状変化に対しては移動体取り付け案内内部14により移動体13を移動させて対応する。

【0030】以上の構成により第1実施例と同様の効果を奏する。

【0031】(第3実施例)図7は本発明の表面形状計測装置の主要構成の第3実施例を示す斜視図である。

【0032】本実施例の装置本体には移動体23を上下方向に空気静圧案内するための移動体案内内部24aおよび24bと不図示の制御装置を有するとともに、移動体23を上下方向に移動させるためのコイル部25が設置されている。コイル部25にはリニアモータとしてのコイルが設けられており、コイル部25の上面にはヨーク部26が設置されている。ヨーク部26には移動体23が固定されており、移動体23は移動体案内内部24aおよび24bにより上下方向に微小移動可能に設けられている。移動体案内内部24aおよび24bの各近傍に位置する移動体23の上面にはそれぞれ移動体23の変位量を検出するための移動体変位検出手段28aおよび28bが離隔配置されている。移動体23の中央部には孔が穿設されており、孔の各上下端部にはそれぞれ荷重検出用の弾性体としての十字型の薄板ばね22aおよび22bが固定されている。移動体23の上下に固定された十字型の薄板ばね22aおよび22bには各薄板ばねの中央部を通るように触針21が先端を鉛直下向きに向けて着脱自在あるいは一体的に取り付けられている。この十字型の薄板ばね22aおよび22bは、接触走査時に触針21の先端に働くモーメント荷重(例えば摩擦)に対する剛性の向上を図る構成である。触針21の一端部には弾性体としての十字型の薄板ばねの変位量を検出するための弾性体変位検出手段27が離隔配置されてい

る。

【0033】本実施例の制御装置による表面形状の測定動作は、第1実施例および第2実施例とほぼ同様であるが、測定時における移動体23のヨーイングの影響を補正するため、移動体変位検出手段28aおよび28bを用いて検出された両者の変位量の平均値を移動体23の変位量とし、弾性体変位検出手段27より検出された変位量との差分をとり、この差分が一定になるように荷重制御を行なう。

【0034】(第4実施例)図8は、本発明の表面形状計測装置の第4実施例の計測ヘッドの構成を示す部分断面斜視図である。図9は、本発明の表面形状計測装置の第4実施例を示す斜視図である。

【0035】これらの図に示すように、本実施例の装置本体43は不図示の制御装置を有し、装置本体43上面には、計測ヘッド39と被測定物40を保持するステージ41とが対向配置され、計測ヘッド39に対してステージ41を移動可能なステージ用スライダ42が設けられている。計測ヘッド39はベース38を有し、ベース38上面には上述した第1実施例と同様な移動体33の移動基準となるフレーム34が設けられており、フレーム34には平行ばね微動ステージである移動体33がPZT素子などのアクチュエータ5の駆動により微小移動可能に形成されている。移動体33のアクチュエータ35により変位される面には、移動体33の変位量を検出するための移動体変位検出手段37が離隔配置され、一方、移動体33の被測定物40側の一面には弾性体としての平行ばね32が固定されている。平行ばね32の一端部には先端部を被測定物40に向けた触針31が装着可能あるいは一体的に設けられているとともに、平行ばね32の変位量を検出する弾性体変位検出手段36が離隔配置されている。

【0036】本実施例の制御装置による動作は、第1実施例と同様に移動体変位検出手段37および弾性体変位検出手段36によりそれぞれ変位量を検出して、荷重制御を行ない表面形状を計測する。移動体33のストロークを超えるような形状変化に対してはステージ41を移動させて対応する。

【0037】このように構成された本実施例も第1実施例、第2実施例および第3実施例と同様な効果を奏する。

【0038】また、第1実施例乃至第3実施例に示される構成以外にも、荷重検出用の弾性体は単一の板ばねなど、また、移動体は転がり軸受けにボールねじを用いたステージなどの様々な形態を用いてもよい。

【0039】以上これまでに説明したように、被測定面へのダメージを低減するために測定荷重を低荷重化する必要があるがnN~μNオーダーの感度を持ち、かつ形状計測装置への応用が容易な荷重計は従来では見当たらなかったが、STM、AFMのように荷重を弾性体の変形

量に変換することで高感度な荷重検出が可能である。この荷重を検出する弾性体は触針が装着可能かあるいは触針と一体でなければならないが、軽量化する観点から弾性体自身も小型化する必要がある。本実施例ではワイヤカットにより一体化された平行ばねを製作する、あるいは薄板ばねをエッチングにより所定の寸法形状に加工することで実現できる。また高感度の荷重検出の観点から弾性体はばね定数が1000N/m以下の弱いばねでなければならないが、現状のワイヤカットやエッチングによる加工技術の範囲で対応可能である。

【0040】一定荷重で被測定面の形状に高速で追従するためには荷重制御にも高い応答性が要求される。これには荷重制御方向に対して応答性の良い移動体に荷重検出用の弾性体を搭載することで対応できる。この移動体は例えば圧電素子のような応答性の高いアクチュエータで駆動される平行ばねステージや空気静圧軸受に案内されたりニアモータ駆動のステージがある。弾性体の小型化に加え移動体の小型化によって移動部全体の質量は数100g程度の軽さにおさまリ、圧電素子に代表されるアクチュエータの剛性等を考慮すると数100Hz～1

kHzの共振周波数を有する移動体を構成できる。

【0041】測定荷重を弾性体の変形量に変換するには移動体上に搭載された弾性体自身の変位量を検出する必要がある。本実施例では移動体の移動の基準となる部材、例えば移動体取り付け部材から弾性体及び移動体両者の変位量をそれぞれ監視する。この時、弾性体自身の変位量は移動体取り付け部からみた両者の変位量の差分に相当する。予め弾性体のばね定数を把握していれば設定荷重に相当する弾性体の変位量がわかり、この変位量と、弾性体と移動体の変位量の差分が等しくなるように移動体を駆動することで荷重の設定が行える。一旦荷重が設定された後は荷重制御の状態に移る。弾性体が一定変位量を保つように、つまり設定荷重を保つように移動体の駆動を制御し被測定面形状に追従される。この間、移動体取り付け部からみた弾性体の変位量の変化分は被測定面形状と等しくなる。本発明による荷重制御機構は単体においても移動体の移動範囲内で形状計測を行える。この時、形状データは弾性体変位検出手段の出力と一致する。

【0042】更に装置全体構成として荷重制御機構とは別に荷重制御機構あるいは被測定物のいずれか一方が搭載される保持台としてのステージを有することで計測範囲を拡大することができる。荷重制御機構の移動範囲を超えるような形状の変化が生じた場合、これをステージ側のストロークで吸収することにより、計測範囲をステージの移動距離まで拡大できる。また設計形状が把握できている場合、ステージを被測定物の設計形状通りに駆動し誤差成分を含む形状は応答性の高い荷重制御に追従させる、つまりステージ側に被測定面形状の低周波成分を追従させ、荷重制御機構に高周波成分を追従させるこ

とで計測を行う。このように荷重制御と計測の機能負担を分配し、荷重制御機構とステージの協調動作により高速計測が可能となる。この時、形状データはステージの変位と弾性体の変位を加算することによって得られる。

【0043】本発明によれば変位検出手段を弾性体及び移動体の各々に離隔配置した構成をとることで移動部の軽量化が図られ高速応答が可能となる。また、変位検出手段を本発明のように離隔配置したことで弾性体及び移動体の形状の自由度が高くなり、用途に応じた触針部の設計を行うことができる。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、以下に記載する効果を奏する。

【0045】荷重制御機構において変位検出手段を弾性体および移動体から離隔配置して荷重制御機構を軽量化するとともに、応答性の高い移動体を具備することで、高速荷重制御が可能になり形状変化への追従性が向上する。

【0046】また荷重制御機構と保持台の協調動作で高速走査による高い空間周波数成分への追従と、粗微動連動と同様な制御で計測範囲の拡大が可能になる。

【0047】さらには変位検出手段を弾性体および移動体から離隔配置したことにより、荷重制御機構の弾性体、移動体および触針の設計の自由度が広がり測定対象に応じた形態を選択できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の表面形状計測装置の第1実施例の主構成の特徴を示す斜視図である。

【図2】本発明の表面形状計測装置の第1実施例の側面図である。

【図3】本発明の表面形状計測装置の制御装置による第1実施例の動作を示すフローチャートである。

【図4】本発明の表面形状計測装置における測定走査時の荷重制御状態を表わした模式図である。

【図5】本発明の表面形状計測装置の主要構成の第2実施例を示す斜視図である。

【図6】本発明の表面形状計測装置の第2実施例の正面図である。

【図7】本発明の表面形状計測装置の主要構成の第3実施例を示す斜視図である。

【図8】本発明の表面形状計測装置の第4実施例の計測ヘッドの構成を示す部分断面斜視図である。

【図9】本発明の表面形状計測装置の第4実施例を示す斜視図である。

【符号の説明】

- | | |
|---------------|---------|
| 1, 11, 21, 31 | 触針 |
| 2, 32 | 平行ばね |
| 3, 13, 23, 33 | 移動体 |
| 4, 34 | フレーム |
| 5, 15, 35 | アクチュエータ |

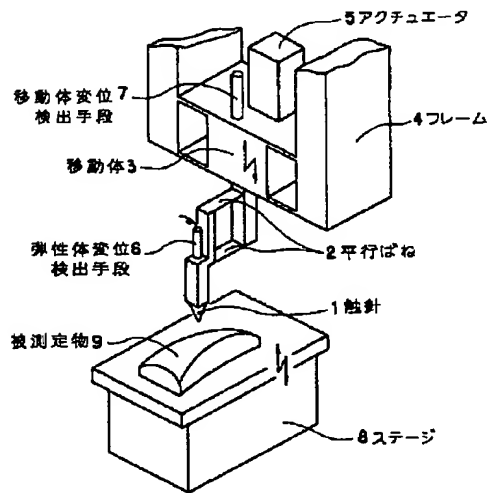
11

12

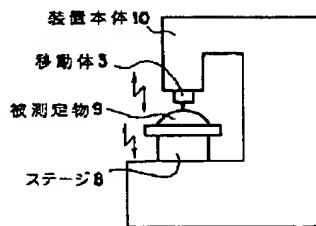
6, 16, 27, 36 弾性体変位検出手段
 7, 17, 28a, 28b, 37 移動体変位検出手
 段
 8, 18, 41 ステージ
 9, 19, 40 被測定物
 12, 22a, 22b 薄板ばね
 14 移動体取り付け案内部

20, 43 装置本体
 24a, 24b 移動体案内内部
 25 コイル部
 26 ヨーク部
 38 ベース
 39 計測ヘッド
 42 ステージ用スライダ

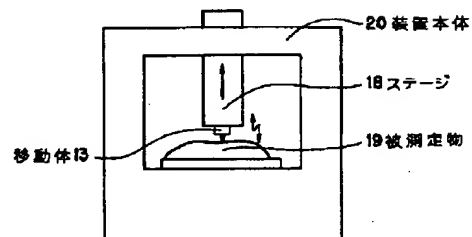
【図1】



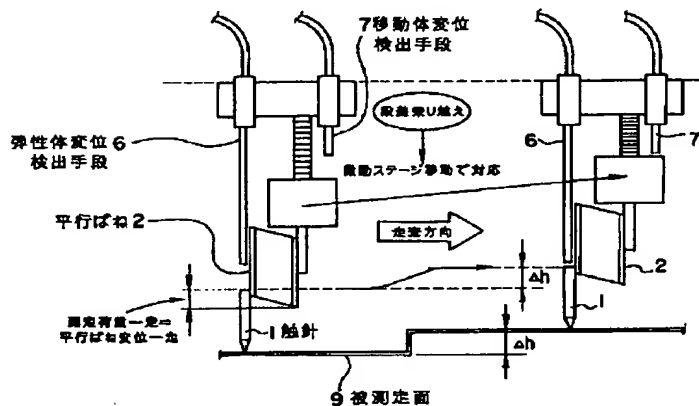
【図2】



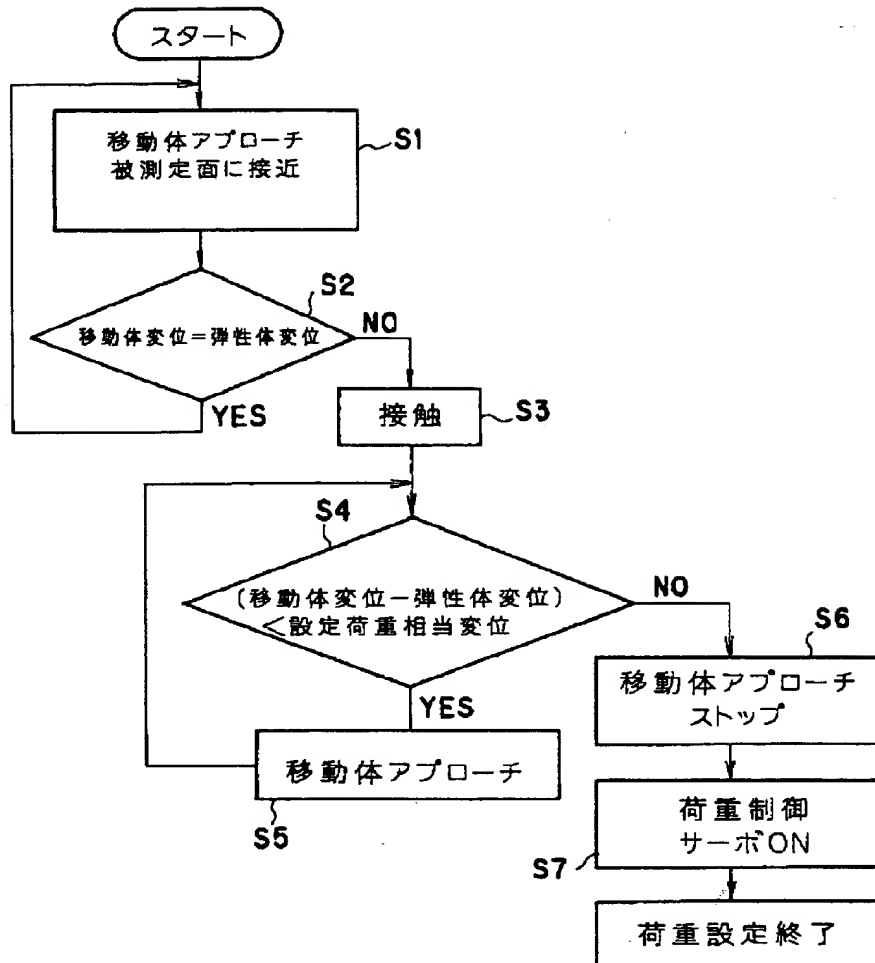
【図6】



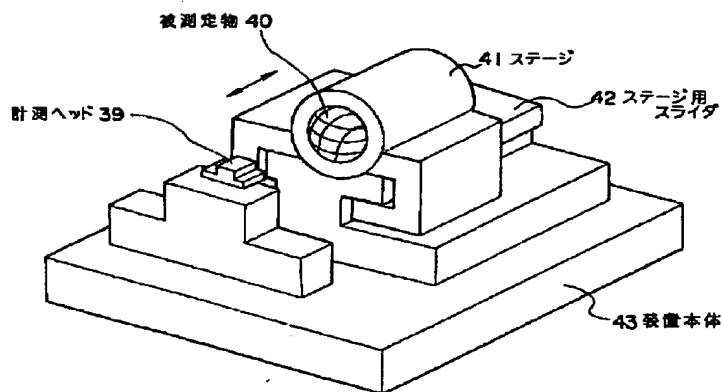
【図4】



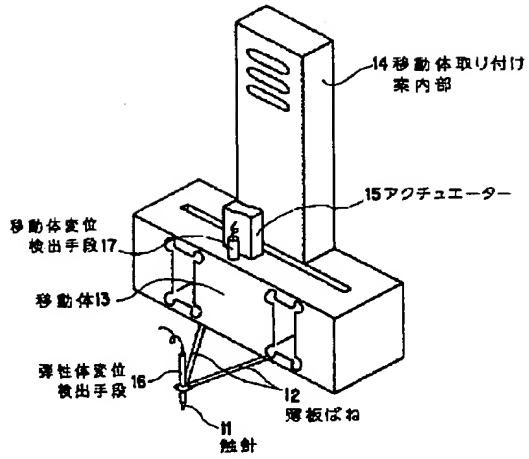
【図3】



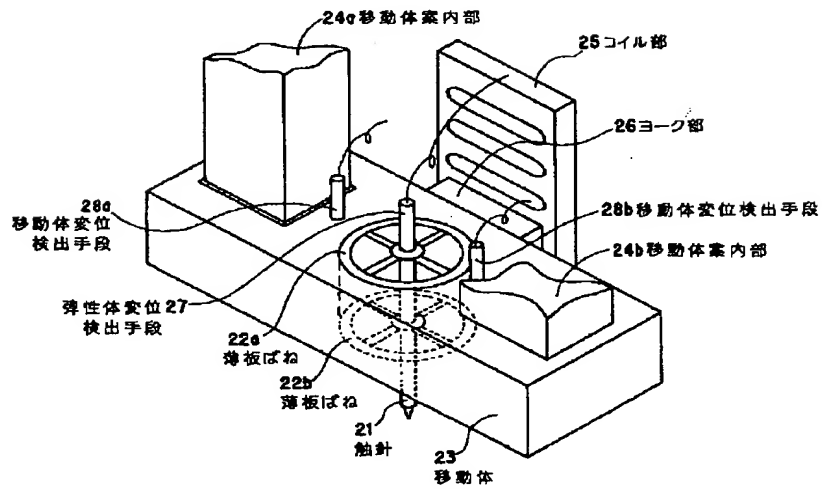
【図9】



【図5】



【図7】



【図8】

